不同饲粮蛋白质和脂肪水平对育成期雄性水貂生长性能及血清生化指标的影响[1]

张海华　张铁涛　刘晓颖　南韦肖　李光玉*

（中国农业科学院特产研究所，吉林省特种经济动物分子生物学省部共建重点实验室，长春 130112)

摘　要：本试验旨在研究不同饲粮蛋白质和脂肪水平对育成期雄性水貂生长性能及血清生化指标的影响。选取 90 只 60 日龄的健康雄性水貂，随机分为 6 组，每组 15 个重复，每个重复 1 只水貂。6 组水貂分别饲喂 2 个蛋白质水平(32%和 36%）和 3 个脂肪水平(10%、20%和 30%）的 6 种试验饲粮。预试期 7 d，正试期 60 d。结果表明：低蛋白质中脂肪和低蛋白质高脂肪组水貂终末体重和平均日增重均极显著高于低蛋白质低脂肪和高蛋白质高脂肪组（P＜0.01），且随着饲粮脂肪水平的增加，水貂终末体重和平均日增重呈增加趋势，20%和 30%脂肪水平组极显著高于 10%脂肪水平组（P＜0.01）。水貂料重比以低蛋白质高脂肪组最低，显著低于低蛋白质低脂肪和高蛋白质高脂肪组（P＜0.05）。低蛋白质高脂肪组水貂血清中尿素氮含量极显著低于其他各组（P＜0.01）。32%蛋白质水平组水貂血清中谷丙转氨酶活性显著高于 36%蛋白质水平组（P＜0.05）。低蛋白质高脂肪和高蛋白质高脂肪组水貂血清中甘油三酯含量显著高于低蛋白质低脂肪组和高蛋白质低脂肪组（P＜0.05）。随着饲粮脂肪水平的增加，血清中甘油三酯、总胆固醇和高密度脂蛋白含量有升高的趋势，且最高组均为低

收稿日期：2016-04-13

基金项目：吉林省科技厅基础处自然基金项目（20150101112JC）；中国农业科学院创新团队项目

作者简介：张海华（1983—），女，河北承德人，博士研究生，从事特种动物营养与分子营养研究。E-mail: zhh83@126.com

*通信作者：李光玉，研究员，博士生导师，E-mail: tcslgy@126.com

蛋白质高脂肪组。饲粮蛋白质和脂肪水平的交互作用对水貂生长性能指标及蛋白质和脂类代谢相关血清生化指标的影响均不显著（P＞0.05）。由此可见，在本试验条件下，当饲粮蛋白质水平为32%、脂肪水平为20%～30%时，饲粮中蛋白质和脂肪的利用率较高，育成期雄性水貂的生长性能较好。

关键词：水貂；蛋白质；脂肪；生长性能；血清生化指标

中图分类号：S816　　文献标识码：A　　文章编号：

水貂是肉食性动物，对饲粮蛋白质和脂肪的需求量相对较高，饲粮中蛋白质和脂肪的质量与水平对水貂生产性能的发挥具有重要影响。目前，国内外学者对水貂饲粮蛋白质、脂肪或能量的需要量研究较多，主要通过衡量水貂生长性能和营养物质消化率或氮沉积等指标[1-3]来进行研究。血清生化指标是反映动物机体免疫功能、蛋白质和脂类合成代谢、酶活性及脏器功能完整性的重要指标。目前，国内外对蛋白质、脂肪或能量对水貂血清生化指标影响的研究有一些报道[4-6]，但综合考虑不同蛋白质和脂肪水平对水貂生长性能和血清生化指标影响的研究报道较少。前人研究表明，动物饲粮中添加适量的脂肪可代替部分蛋白质分解供能，提高动物对蛋白质的利用率[7]。为此，本试验通过饲喂育成期水貂不同蛋白质和脂肪水平的饲粮，结合水貂生长性能指标、蛋白质和脂类代谢相关血清生化指标明确不同蛋白质和脂肪水平对育成期水貂生长的影响规律，确定育成期水貂饲粮中蛋白质和脂肪的适宜水平，为完善我国水貂营养需要量标准提供参考，并为养殖生产中合理配制水貂饲粮提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　试验设计与饲养管理

选取 90 只 60 日龄、体重相近的健康雄性水貂，随机分为 6 组，每组 15 个重复，每个重复 1 只水貂，单笼饲养。采用 2×3 双因子试验，根据试验设计配制蛋白质水平为 32%、脂肪水平为 10%（Ⅰ），蛋白质水平为 32%、脂肪水平为 20%（Ⅱ），蛋白质水平为 32%、脂肪水平为 30%（Ⅲ），蛋白质水平为 36%、脂肪水平为 10%（Ⅳ），蛋白质水平为 36%、脂肪水平为 20%（Ⅴ）和蛋白质水平为 36%、脂肪水平为 30%（Ⅵ）的 6 种试验饲粮，试验饲粮组成及营养水平见表 1。预试期 7 d，正试期 60 d。试验开始时测定每只水貂的初始体重，每 15 d 称重 1 次，记录并计算平均日增重；水貂每日上午、下午各饲喂 1 次，自由采食，自由饮水，记录采食量并计算平均日采食量；根据平均日采食量和平均日增重计算料重比。

表 1 试验饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (DM basis) %

项目 Items	组别 Groups					
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ
原料 Ingredients						
膨化玉米 Extruded corn	55.42	42.27	30.77	43.47	30.67	16.20
黄花鱼 Corvina	27.39	26.57	25.34	39.16	39.62	37.80
碎猪肉 Jarding pork	6.88	11.50	18.18	5.62	11.54	22.33
鸡杂 Poultry offal	2.91	4.09	4.04	2.85	4.40	4.26
牛肝 Ox liver	3.43	4.13	5.44	5.88	6.04	5.85
豆油 Soybean oil	2.47	9.94	14.73	1.52	6.23	12.06
食盐 NaCl	0.5	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
预混料 Premix[1)]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]						
代谢能 ME/（MJ/kg）	15.18	18.13	20.46	15.38	18.32	20.11
粗蛋白质 Crude protein	32.08	32.74	32.86	36.87	37.18	36.14
粗脂肪 Crude lipid	10.78	20.38	30.45	10.58	20.56	29.43
钙 Ca	2.46	2.41	2.39	2.76	2.81	2.79
总磷 TP	1.32	137	1.39	1.46	1.48	1.47

[1)]每千克预混料中含有 One kilogram of premix contained the following：VA 200 000 IU，VD_3 40 000 IU，VE 5 000 IU，VB_1 125 mg，VB_2 200 mg，VB_6 200 mg，VB_{12} 2.5 mg，VK_3 40 mg，VC 7 500 mg，烟酸 niacin acid 500 mg，泛酸 pantothenic acid 800 mg，叶酸 folic acid 100 mg，胆碱 choline 10 000 mg，生物素 biotin 7.5 mg，Fe 2 000 mg，Cu 500 mg，Mn 400 mg，Zn 1 500 mg，I 15 mg，Se 5 mg，Co 7.5 mg。

2)代谢能为计算值，其余为实测值。ME was a calculated value and others were measured values.

1.2 营养成分测定方法

干物质含量采用 105 ℃烘干法测定，参照 GB/T 6435—2006；粗蛋白质含量采用凯氏定氮法测定，参照 GB/T 6432—1994；粗脂肪含量采用索氏抽提法测定，参照 GB/T 6433—1994；粗灰分含量采用 550 ℃灼烧法测定，参照 GB/T 6438—1992；钙含量采用乙二胺四乙酸(EDTA)络合滴定法测定，参照 GB/T 6436—1992；磷含量采用钒钼酸铵比色法测定，参照 GB/T 6437—1992。

1.3 血清生化指标测定

饲养试验结束后，每组分别选取 8 只水貂指尖消毒并采血 5 mL，置于促凝固管中，静置待血清析出后 3 500 r/min、4 ℃离心 10 min，将分离出的血清分装在 1.5 mL 的 Eppendor 管中，置于-80 ℃中保存，备用。分别测定血清中总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、尿素氮（UN）、甘油三酯（TG）、总胆固醇（TCHO）、高密度脂蛋白（HDL）、低密度脂蛋白（LDL）和脂蛋白（LP）含量及谷草转氨酶（AST）、谷丙转氨酶（ALT）活性。测定所用试剂盒全部购自中生北控有限公司，按照试剂盒说明书使用 VITALIB-E 全自动生化分析仪测定。

1.4 数据分析

使用 SAS 9.0 进行数据统计分析，采用单因素方差分析(one-way ANOVA)进行差异显著性检验，采用 GLM 进行双因素效应分析。结果以“平均值±标准差”形式表示，其中 $P>0.05$ 为差异不显著，$P<0.05$ 为差异显著，$P<0.01$ 为差异极显著。

2 结　果

2.1 不同饲粮蛋白质和脂肪水平对育成期雄性生长性能的影响

由表 2 可知，水貂初始体重各组间差异不显著（$P>0.05$）；Ⅱ组和Ⅲ组水貂终末体重和平均日增重均极显著高于Ⅰ组和Ⅳ组（$P<0.01$），且随着饲粮脂肪水平的提高，水貂终末体重和平均日增重不断增加，20%和 30%脂肪水平组极显著高于 10%脂肪水平组（$P<0.01$）；水貂平均日采食量以Ⅰ组最高，显著高于Ⅲ组和Ⅵ组（$P<0.05$），随着饲粮脂肪水平的升高，

平均日采食量呈下降的趋势，30%脂肪水平组显著低于 10%脂肪水平组（P<0.05）；水貂料重比以III组最低，显著低于Ⅰ组和Ⅳ组（P<0.05），料重比随饲粮脂肪水平的升高呈下降趋势，20%和 30%脂肪水平组显著低于 10%脂肪水平组（P<0.05）。饲粮蛋白质水平及蛋白质和脂肪水平的交互作用对水貂终末体重、平均日增重、平均日采食量和料重比均未产生显著影响（P>0.05）。

表 2　不同饲粮蛋白质脂肪水平对育成期雄性水貂生长性能的影响

Table 2　Effects of different dietary protein and fat levels on growth performance of male minks during growing period

组别 Groups	初始体重 Initial weight/kg	终末体重 Final weight/kg	平均日增重 ADG/g	平均日采食量 ADFI/g	料重比 F/G
Ⅰ	0.89±0.07	1.97±0.24^{Bb}	17.88±3.87^{Bb}	99.18±7.47^{a}	5.55±0.21^{a}
Ⅱ	0.89±0.05	2.22±0.22^{Aa}	22.11±3.51^{Aa}	94.18±12.52^{ab}	4.14±0.23^{ab}
Ⅲ	0.89±0.05	2.28±0.24^{Aa}	23.20±3.85^{Aa}	90.45±10.72^{b}	3.89±0.41^{b}
Ⅳ	0.89±0.07	1.98±0.13^{Bb}	18.03±1.83^{Bb}	96.42±6.77^{ab}	5.35±0.32^{a}
Ⅴ	0.89±0.06	2.11±0.18^{ABab}	20.27±2.84^{ABab}	93.43±7.49^{ab}	4.62±0.43^{ab}
Ⅵ	0.90±0.04	2.12±0.40^{ABab}	21.57±5.64^{Aa}	88.67±10.82^{b}	4.15±0.11^{ab}
蛋白质水平 Protein level/%					
32	0.89±0.06	2.16±0.26	21.14±4.32	94.49±10.18	4.54±0.21
36	0.89±0.06	2.07±0.27	19.97±3.96	92.37±9.00	4.68±0.17
脂肪水平 Fat level/%					
10	0.89±0.07	1.91±0.31^{Bb}	16.80±5.34^{Bb}	97.30±7.23^{a}	5.44±0.47^{a}
20	0.89±0.06	2.16±0.20^{Aa}	21.19±3.27^{Aa}	93.92±9.58^{ab}	4.39±0.36^{b}
30	0.90±0.04	2.21±0.33^{Aa}	22.42±4.78^{Aa}	89.56±10.38^{b}	4.00±0.24^{b}
P 值 P-value					
蛋白质水平	0.972 6	0.307 1	0.149 6	0.355 2	0.432 5

Protein level					
脂肪水平 Fat level	0.968 0	0.000 9	＜0.000 1	0.048 4	0.045 2
交互作用 Interaction	0.99 36	0.165 9	0.547 4	0.824 5	0.862 5

同列数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著(P＞0.05)，不同小写字母表示差异显著(P＜0.05)，不同大写字母表示差异极显著(P＜0.01)。下表同。

In the same column, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (P＞0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P＜0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (P＜0.01). The same as below.

2.2 不同饲粮蛋白质和脂肪水平对育成期雄性水貂蛋白质代谢相关血清生化指标的影响

由表 3 可知，Ⅱ组和Ⅲ组水貂血清中总蛋白含量显著高于Ⅳ组和Ⅵ组（P＜0.05），36%蛋白质水平组水貂血清中总蛋白含量显著低于 32%蛋白质水平组（P＜0.05），随着饲粮脂肪水平的增加，水貂血清中总蛋白含量有先增加后降低的趋势，20%和 30%脂肪水平组显著高于 10%脂肪水平组（P＜0.05）；饲粮蛋白质和脂肪水平对水貂血清中白蛋白含量均未产生显著影响（P＞0.05）；Ⅲ组水貂血清中尿素氮含量极显著低于其他各组（P＜0.01），32%蛋白质水平组血清中尿素氮含量显著低于 36%蛋白质水平组（P＜0.05），20%脂肪水平组显著高于 30%脂肪水平组（P＜0.05）；Ⅰ组、Ⅱ组和Ⅲ组血清中谷丙转氨酶活性显著高于Ⅳ组、Ⅴ组和Ⅵ组（P＜0.05），32%蛋白质水平组水貂血清中谷丙转氨酶活性显著高于 36%蛋白质水平组（P＜0.05），饲粮脂肪水平对水貂血清中谷丙转氨酶活性的影响不显著（P＞0.05）；饲粮蛋白质和脂肪水平对水貂血清中谷草转氨酶活性的影响不显著（P＞0.05）。饲粮蛋白质和脂肪水平的交互作用对血清中总蛋白、白蛋白、尿素氮含量及谷丙转氨酶和谷草转氨酶活性的影响均不显著（P＞0.05）。

表 3　不同饲粮蛋白质和脂肪水平对育成期雄性水貂蛋白质代谢相关血清生化指标的影响

Table 3　Effects of different dietary protein and fat levels on protein metabolic related serum biochemical parameters of male minks during growing period

组别 Groups	总蛋白 TP/（g/L）	白蛋白 ALB/（g/L）	尿素氮 UN/（mmol/L）	谷丙转氨酶 ALT/（U/L）	谷草转氨酶 AST/（U/L）
Ⅰ	72.60±2.96^{ab}	33.00±2.15	6.57±1.46^{Bb}	196.50±4.23^{a}	183.31±4.31

Ⅱ	78.54±6.67^{a}	33.12±1.92	6.54±1.16^{Bb}	201.76±3.85^{a}	188.31±3.07
Ⅲ	75.96±5.53^{a}	34.99±1.38	5.33±1.75^{Cc}	204.05±4.01^{a}	193.11±5.37
Ⅳ	63.01±2.41^{b}	32.15±2.31	7.03±2.31^{ABab}	179.25±3.79^{b}	185.03±7.47
Ⅴ	68.16±2.03^{ab}	31.89±2.89	7.44±1.43^{Aa}	175.32±2.96^{b}	186.71±5.31
Ⅵ	66.62±6.94^{b}	33.92±1.60	7.82±0.66^{Aa}	175.69±2.58^{b}	183.57±6.19
蛋白质水平 Protein level/%					
32	75.69±1.02^{a}	33.70±2.86	6.14±0.41^{b}	200.77±1.98^{a}	188.24±3.54
36	66.12±0.98^{b}	32.63±2.63	7.44±0.32^{a}	176.76±2.16^{b}	185.19±4.21
脂肪水平 Fat level/%					
10	67.81±4.12^{b}	32.57±2.51	6.81±0.42^{ab}	187.89±9.67	184.17±5.01
20	73.35±5.01^{a}	32.54±2.72	6.98±0.37^{a}	188.55±9.24	187.49±4.89
30	71.30±3.96^{a}	34.48±1.53	6.58±0.29^{b}	189.86±7.98	188.27±3.97
P 值 *P*-value					
蛋白质水平 Protein level	0.012 5	0.428 6	0.007 9	0.012 2	0.428 9
脂肪水平 Fat level	0.032 4	0.399 5	0.028 5	0.030 7	0.632 5
交互作用 Interaction	0.851 7	0.992 6	0.658 4	0.887 0	0.968 5

2.3 不同饲粮蛋白质和脂肪水平对育成期雄性水貂脂类代谢相关血清生化指标的影响

由表 4 可知，Ⅲ组和Ⅵ组水貂血清中甘油三酯含量显著高于Ⅰ组和Ⅳ组（$P<0.05$），随着饲粮脂肪水平的增加，血清中甘油三酯含量有升高趋势，30%脂肪水平组显著高于 10%脂肪水平组（$P<0.05$）；血清中总胆固醇含量以Ⅲ组最高，极显著高于Ⅰ组、Ⅱ组和Ⅳ组（$P<0.01$），随着饲粮脂肪水平的增加，血清中总胆固醇有上升趋势，30%脂肪水平组极显著高于 10%脂肪水平组（$P<0.01$）；血清中高密度脂蛋白含量以Ⅲ组最高，显著高于Ⅳ组（$P<0.05$），随着饲粮脂肪水平的增加，血清中高密度脂蛋白呈增加趋势，30%脂肪水平组显著高于 10%和 20%脂肪水平组（$P<0.05$）；血清中低密度脂蛋白含量以Ⅵ最高，显著高于Ⅰ

组、Ⅱ组和Ⅳ组（*P*<0.05），随着饲粮脂肪水平的增加，血清中低密度脂蛋白含量有增加趋势，30%脂肪水平组显著高于10%脂肪水平组（*P*＜0.05）；饲粮蛋白脂质水平对水貂血清中脂蛋白含量的影响不显著（*P*＞0.05），随着饲粮脂肪水平的升高，血清中脂蛋白含量有增加趋势，30%脂肪水平组显著高于10%和20%脂肪水平组（*P*＜0.05）。饲粮蛋白质水平及蛋白质和脂肪的交互作用对血清中甘油三酯、总胆固醇、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白和脂蛋白含量的影响均不显著（*P*＞0.05）。

表 4　不同饲粮蛋白质脂肪水平对育成期雄性水貂脂类代谢相关血清生化指标的影响

Table 4　Effects of different dietary protein and fat levels on fat metabolic related serum biochemical parameters of male minks during growing period

组别 Groups	甘油三酯 TG/（mmol/L）	总胆固醇 TCHO/（mmol/L）	高密度脂蛋白 HDL/（mmol/L）	低密度脂蛋白 LDL/（mmol/L）	脂蛋白 LP/（mg/L）
Ⅰ	1.25±0.31^{b}	7.46±0.21^{Cc}	2.44±0.33^{ab}	2.00±0.15^{Cc}	150.52±5.23^{b}
Ⅱ	1.80±0.19^{ab}	8.28±0.34^{Bb}	2.41±0.51^{ab}	2.25±0.17^{Bb}	163.92±4.96^{ab}
Ⅲ	2.45±0.22^{a}	10.27±0.38^{Aa}	2.99±0.35^{a}	2.72±0.19^{ABab}	170.06±3.28^{a}
Ⅳ	1.29±0.17^{b}	7.62±0.45^{BCbc}	2.30±0.39^{b}	2.13±0.07^{BCbc}	156.73±4.86^{b}
Ⅴ	1.86±0.26^{ab}	9.15±0.27^{ABab}	2.41±0.29^{ab}	2.62±0.12^{ABab}	167.26±5.01^{ab}
Ⅵ	2.46±0.32^{a}	9.93±0.52^{Aa}	2.83±0.59^{a}	2.94±0.17^{Aa}	176.57±4.88^{a}
蛋白质水平 Protein level/%					
32	1.83±0.45	8.68±1.02	2.60±0.41	2.35±0.32	162.80±5.12
36	1.87±0.51	8.91±1.87	2.53±0.49	2.51±0.29	167.02±1.01
脂肪水平 Fat level/%					
10	1.28±0.02^{b}	7.55±0.21^{Bb}	2.38±0.12^{b}	2.07±0.09^{b}	153.63±1.03^{b}
20	1.84±0.03^{ab}	8.72±0.42^{ABab}	2.40±0.02^{b}	2.44±0.23^{ab}	165.59±2.21^{ab}
30	2.46±0.02^{a}	10.11±0.34^{Aa}	2.94±0.14^{a}	2.84±0.12^{a}	173.30±1.69^{a}
P 值 *P*-value					
蛋白质水平	0.875 2	0.006 7	0.023 6	0.345 2	0.452 1

Protein level					
脂肪水平 Fat level	0.034 5	＜0.000 1	0.524 3	0.012 5	0.034 6
交互作用 Interaction	0.689 4	0.874 1	0.652 4	0.351 7	0.632 8

3 讨　论

3.1 不同饲粮蛋白质和脂肪水平对育成期雄性水貂生产性能的影响

本试验结果表明，饲粮蛋白质水平过高会影响水貂的生长性能，饲粮蛋白质水平为 32%，脂肪水平为 20%或 30%时，水貂终末体重和平均日增重均较高，而并不是高蛋白质水平组水貂生长性能较好，其原因可能是：一方面，当动物饲粮中添加非蛋白质能源物质脂肪时，可代替部分蛋白质分解供能，提高动物对蛋白质的利用率[7]，另外，可使饲粮氮损失减少，提高饲粮中氮在体内的积累量[8]，从而提高水貂的生长性能；另一方面，当饲粮中蛋白质供给超过需要量时，其转化率下降，且造成体内氨基酸不平衡，并影响动物对其他营养物质的消化吸收，从而导致生长性能下降[9]。脂肪在水貂饲粮中比例很高，其水平的高低决定了饲粮的能量水平，研究表明动物采食量直接受饲粮能量水平的影响[10]。本试验结果显示，随着饲粮脂肪水平的增加，水貂平均日采食量呈降低趋势，这与前人在其他动物上的研究结果[11-12]一致。本试验中因为是采用鲜饲料原料配制饲粮，碳水化合物来源主要通过膨化玉米提供，低蛋白质和低脂肪水平组只能通过调节膨化玉米的用量来达到饲粮蛋白质和脂肪水平的设计要求，本试验条件下提高膨化玉米用量相当于降低饲粮蛋白质和脂肪水平。低蛋白质高脂肪水平组水貂终末末重高引起平均日增重较高，又因平均日采食量最低，因而料重比最低，但低蛋白质高脂肪组水貂的终末体重与平均日增重与低蛋白质中脂肪组差异不显著，可见当蛋白质水平为 32%、脂肪水平在 20%~30%之间，尤其是脂肪水平为 30%时育成期雌性水貂生长性能较好。

3.2 不同饲粮蛋白质和脂肪水平对育成期雄性水貂蛋白质代谢相关血清生化指标的影响

血清生化指标能够在一定程度上反映水貂对饲粮蛋白质的利用情况[5]。本试验结果显示，饲粮蛋白质水平为 32%，脂肪水平为 20%或 30%时水貂血清中总蛋白和白蛋白含量相对较高。前人研究表明，血液中蛋白质代谢相关指标是机体蛋白质合成代谢的重要标志，血液中总蛋白和尿素氮含量高是蛋白质代谢旺盛的表现，有利于促进动物的生长和提高饲料转化率[13]，本试验结果与前人研究结果一致。血清中的尿素氮通过鸟氨酸循环合同，它是饲粮中蛋白质和氨基酸代谢的终产物，其含量受饲粮中蛋白质、氨基酸量与质的影响，其含量与体内氮沉积率、蛋白质和氨基酸利用率有显著负相关性[14]。蛋白质代谢相关酶类活性也是反映蛋白质代谢水平的重要指标，谷丙转氨酶主要分布在肝脏细胞内，可以反映机体中肝脏合成蛋白质的功能和肝脏的功能状况[15]，同时谷丙转氨酶的活性也反映了动物对饲粮蛋白质代谢和氨基酸的利用水平[16]。可见，本试验中蛋白质水平为 32%，脂肪水平为 20%～30%时，蛋白质的代谢强度较高，氨基酸的利用水平也较高，有利于机体蛋白质的合成，从而提高水貂的生长性能。

3.3 不同饲粮蛋白质和脂肪水平对育成期雄性水貂脂类代谢相关血清生化指标的影响

总胆固醇和甘油三酯含量是反映体脂肪代谢的重要生化指标，研究表明，胆固醇大部分由肝脏制造，必须通过与脂蛋白相给合才能被运输[178]，脂蛋白中高密度脂蛋白将各组织中的胆固醇运回肝脏代谢，而低密度脂蛋白是把胆固醇从肝脏运送到全身组织[18]。本试验结果显示，随着饲粮脂肪水平的增加，水貂血清中总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白和脂蛋白含量均呈上升趋势，这与耿业业等[19]在蓝狐上、Romsos 等[20]在犬上以及陈萍等[21]在肉兔上的研究结果相一致，这说明饲粮脂肪水平越高，脂类代谢水平相对越旺盛。在人类上的研究表明，血清中甘油三酯含量的升高往往伴随着胆固醇含量的升高[22]，本试验中得到了相同的结果。雷秋霞[23]认为，饲粮蛋白质水平过高会造成血清胆固

醇含量的大幅度增加，不利于动物健康生长，本试验中饲粮蛋白质水平对脂类代谢相关血清生化指标的影响不显著，说明饲粮蛋白质水平还未达到过高水平。

4 结 论

综合各项指标，在本试验条件下，当饲粮蛋白质水平为32%、脂肪水平为20%~30%时，饲粮中蛋白质和脂肪的利用率较高，育成期雄性水貂的生长性能较好。

参考文献：

[1] 张铁涛,张志强,任二军,等.饲粮蛋白质水平对育成期水貂营养物质消化率及生长性能的影响[J].动物营养学报,2010,22(4):1101–1106.

[2] ZHANG T T,ZHANG Z Q,GAO X H,et al.Effects of dietary protein levels on digestibility of nutrients and growth rate in young female mink (*Mustela vison*)[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2013,97(2):271–277.

[3] 张海华,王士勇,张铁涛,等.饲粮脂肪水平对雌性水貂营养物质消化率、氮代谢及繁殖性能的影响[J].动物营养学报,2015,27(9):2955–2962.

[4] 杨颖.日粮能量水平及来源对水貂生产性能和营养物质消化代谢的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2013.

[5] 张铁涛,张志强,刘汇涛,等.饲粮蛋白质水平对冬毛期水貂部分血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2011,23(6):1052–1057.

[6] 张海华,张铁涛,周宁,等.饲粮脂肪水平对哺乳期水貂生产性能及血液生化指标的影响[J].动物营养学报,2014,26(8):2225–2231.

[7] SKREDE A.Utilization of fish and animal by-products in mink nutrition Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ[J].Acta Chemica Scandinavica,1978,28:105–145.

[8] AHLSTROM Ø,SKREDE A.Fish oil as an energy source for blue foxes (*Alopex lagopus*) and mink (*Mustela vision*) in the growing-furring period[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,1995,74 (1/2/3/4/5):146–156.

[9] JOBLING M,WANDSVIK A.Quantitative protein requirements of Arctic charr,*Salvelinus alpinus* (L)[J].Journal of Fish Biology,1983,22(6):705–712.

[10] 杨烨,冯玉兰,董志岩,等.日粮能量和赖氨酸浓度对持续高温期生长肥育猪生产性能与生化指标的影响[J].福建农业学报,2004,19(4):219–223.

[11] CRESPO N,ESTEVE-GARCIA E.Dietary fatty acid profile modifies abdominal fat deposition in broiler chickens[J].Poultry Science,2001,80(1):71–78.

[12] 耿业业.育成期蓝狐脂肪消化代谢规律的研究[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2011.

[13] 孙昱,丛玉艳,邓宏炜,等.日粮锰水平对辽宁绒山羊与蛋白质代谢相关的血液指标的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2012(5):69–71.

[14] 王娟.饲粮能量和蛋白质水平对 CRP 配套系商品代生长猪生产性能、消化代谢和血清生化指标的影响[D].硕士学位论文.重庆:西南大学,2007.

[15] 王灿,苗志敏,李长贵,等.人体血尿酸水平对血清谷丙转氨酶和谷草转氨酶水平的影响[J].山东医药,2010,50(29):1–3.

[16] 应诗家,聂海涛,张国敏,等.不同营养水平对湖羊黄体期血液理化指标及卵泡发育的影响[J].中国农业科学,2012,45(8):1606–1612.

[17] 周顺伍.动物生物化学[M].3 版.北京:中国农业出版社,2000:144–146.

[18] DEPLANO M,CONNES R,DIAZ J P,et al.Intestinal steatosis in the farm-reared sea bass *Dicentrarchus Labrax*[J].Diseases of Aquatic Organisms,1989,6:121–130.

[19] 耿业业,张铁涛,张志强,等.饲粮脂肪水平对育成期蓝狐生长性能、体脂沉积及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2011,23(9):1637–1646.

[20] ROMSOS D R,BELO P S,BENNINK M R,et al.Effects of dietary carbohydrate,fat and protein on growth,body composition and blood metabolite levels in the dog[J].The Journal of Nutrition,1976,106(10):1452–1464.

[21] 陈萍,李福昌.日粮中添加脂肪对断奶至 2 月龄肉兔生产性能与生理指标的影响[J].动物营养学报,2006,18(3):179–185.

[22] 何志谦.人类营养学[M].2 版.北京:人民卫生出版社,2000:95–123.

[23] 雷秋霞.日粮不同蛋白质水平对生长肉兔生产性能、营养物质利用、免疫及蛋白酶活的影响[D].硕士学位论文.泰安:山东农业大学,2003.

Effects of Different Dietary Protein and Fat Levels on Growth Performance and Serum Biochemical Parameters of Male Minks during Growing Period

ZHANG Haihua ZHANG Tietao LIU Xiaoying NAN Weixiao LI Guangyu*

(*State Key Laboratory of Special Economic Animal Molecular Biology*, *Institute of Economic Animal and Plant Science*, *Chinese Academy of Agriculture Sciences*, *Changchun* 130112, *China*)

Abstract: The experiment was conducted to evaluate the effects of different dietary protein and fat levels on growth performance and serum biochemical parameters of male minks during growing period. A total of 90 healthy male minks at the age of 60 days were randomly assigned into 6 groups with 15 replicates per group and 1 mink per replicate. The minks were fed 6 kinds of experimental diets with 2 protein levels (32% and 36%) and 3 fat levels (10%, 20% and 30%). The adaptation period lasted for 7 days and the formal period lasted for 6 days. The results showed

*Corresponding author, professor, E-mail: tcslgy@126.com (责任编辑 菅景颖)

as follows: the final weight and average daily gain (ADG) were significantly higher in low protein middle fat and low protein high fat groups than those in low protein low fat and high protein low fat groups ($P<0.01$), and the final weight and ADG were increased with dietary fat level increasing which showed 20% and 30% fat level groups significantly higher than 10% fat level group ($P<0.01$). Feed /gain (F/G) was the lowest in low protein high fat group, it was significantly lower than that in low protein low fat and high protein high fat groups ($P<0.05$). Serum urea nitrogen (UN) in low protein high fat group was significantly lower than that in other groups ($P<0.01$). Serum alanine transaminase (ALT) activity in 32% protein level group was significantly higher than that in 36% protein level group ($P<0.05$). Serum triglyceride (TG) content in low protein high fat and high protein high fat groups was significantly higher than that in low protein low fat and high protein low fat groups ($P<0.05$). Serum TG, total cholesterol (TCHO) and high-density lipoprotein (HDL) contents were increased with dietary fat increased, and they were all highest in low protein high fat group. The growth performance and serum biochemical parameters of minks were not affected by the interaction between protein and fat levels ($P>0.05$). Considering all the factors, when the dietary protein is 32% and the fat level is 20% to 30% under the condition of this experiment, the dietary protein and fat utilization rates are higher, and the male minks during growing period can get a better growth performance.

Key words: mink; protein; fat; growth performance; serum biochemical parameters